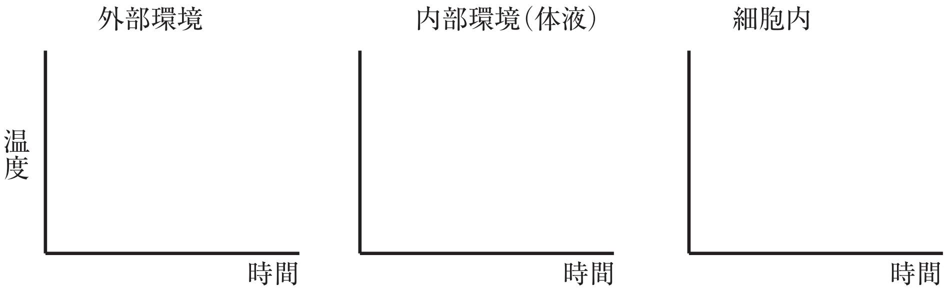
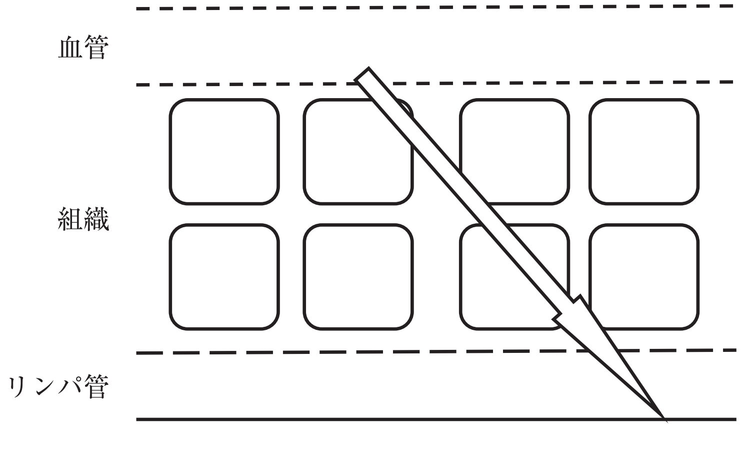
第31講　循環系

■体液と恒常性

◆恒常性　…　外部環境が変化しても，内部環境はほぼ一定に保たれる性質。
多細胞生物にとっては体液が内部環境をつくる。



◆体液　…　体液は，血液，組織液，リンパ液に分けられる。

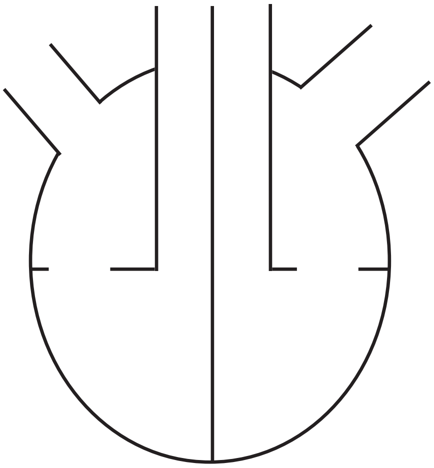


◆血液の組成

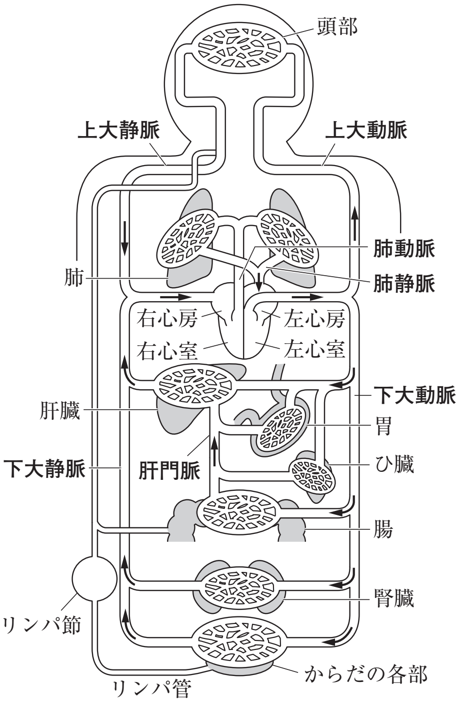
成分		形	大きさ（直径）	数（血液1mm^{3}中）	生成器官	破壊器官	寿命	はたらき
有形成分（45%）	赤血球	円盤状 無核	7〜8μm	男410万〜530万個 女380万〜480万個	骨髄	肝臓 ひ臓	120日	ヘモグロビンによる酸素の運搬
	白血球	球形 有核	6〜20μm	4000〜9000個	骨髄	骨髄	3〜21日	食作用による細菌の補食，抗体生産による免疫作用
	血小板	不定形 無核	2〜3μm	20万〜40万個	骨髄	骨髄	7〜10日	血液凝固作用
液体成分（55%）	血しょう	水：約90% タンパク質（アルブミン，グロブリン，フィブリノーゲンなど）：約7% 脂質，無機塩類，グルコースなどを含む						赤血球など有形成分の運搬。CO_2，栄養分，老廃物などの物質の運搬。抗原抗体反応の場

◆血液の循環

・心臓の構造



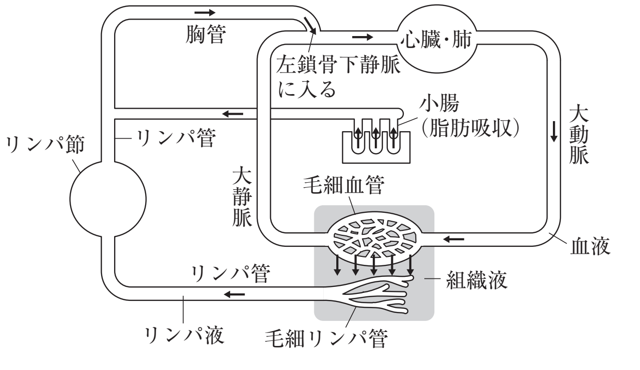
・循環の経路



・壁の厚さ　…　左心室＞右心室＞心房

・洞房結節　…　心臓の自動性の起点，右心房に存在する。

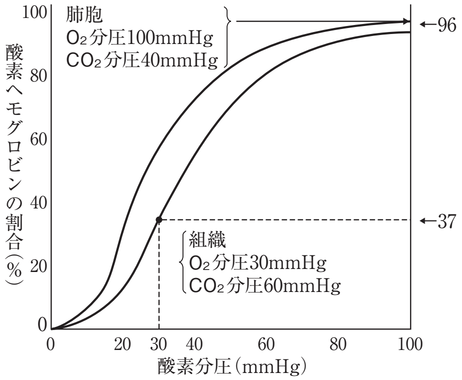
・リンパ系　…　リンパ管，リンパ節，ひ臓，胸腺などからなる。免疫に関わるとともに体液の液体成分の循環にも寄与する。

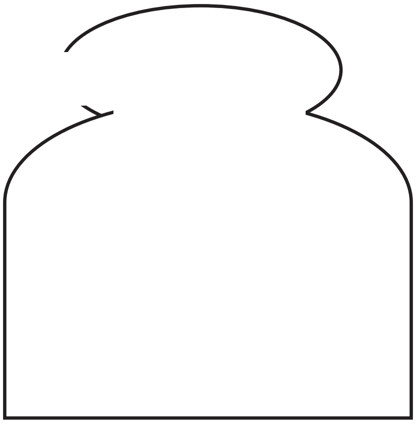


■酸素解離曲線

$Hb + O_2 \rightleftarrows HbO_2$

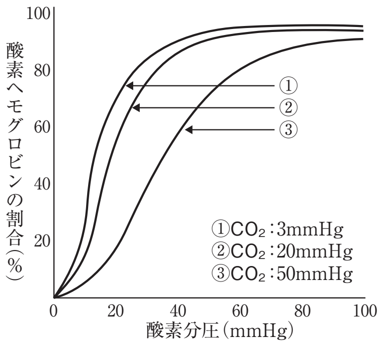
ヘモグロビン（暗紅色）　酸素　酸素ヘモグロビン（鮮紅色）



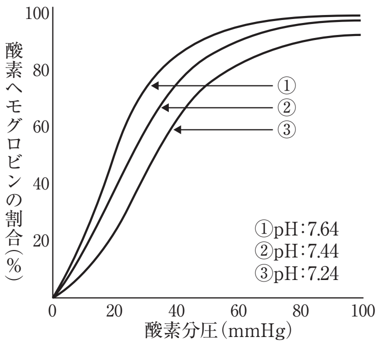


・酸素解離曲線と外的環境

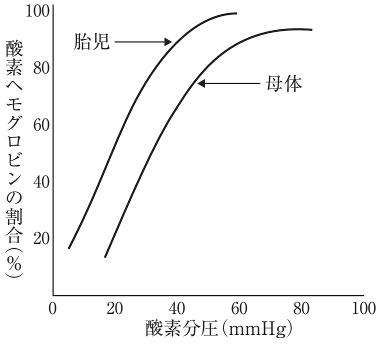
二酸化炭素分圧と酸素解離曲線



pHと酸素解離曲線



母体と胎児の酸素解離曲線



ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第31講　演習問題

図１は，ヒトのヘモグロビンの酸素解離曲線である。いま，肺胞の酸素分圧を100mmHg，肺胞の二酸化炭素分圧を50mmHg，組織の酸素分圧を40mmHg，組織の二酸化炭素分圧を60mmHgとする。

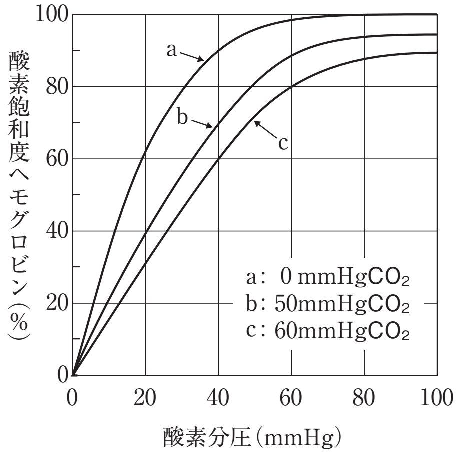


図１

問１　肺胞中の酸素ヘモグロビンの何パーセントが組織で酸素を解離するか。最も適当なものを選びなさい。

A．22.22　B．33.33　C．36.84　D．55.56　E．57.89

問２　1Lの血液が組織へ供給する酸素の量は何mLか。最も適当なものを選びなさい。
ただし，血液中のヘモグロビンは1L中に150gあり，1gのヘモグロビンは1.39mLの酸素と結合するものとする。

A．62.55　B．72.98　C．82.24　D．83.11　E．114.68

問３　ヒトの心拍数は１分間に70回，１回の心拍量を70mLとした場合，１分間に何mLの酸素を供給することになるか。最も適当なものを選びなさい。

A．306.56　B．357.60　C．402.98　D．407.24　E．561.93

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第31講　確認テスト

動物における循環系と血液の機能に関する以下の問いに答えよ。

問１　ヒトの血液循環についての次の文を読み，以下の問いに答えよ。

血液は心臓のポンプ作用によって全身を循環している。全身を循環して戻ってきた血液は［１］に入った後，［２］から［３］を経由して左右の肺に送られる。ここで酸素を取り込んだ血液は［４］を通って［５］に入り，その後［６］に送られる。［６］の収縮によって［７］に送り出された血液は，全身に分布する［８］で組織に酸素と栄養を供給し，かわりに二酸化炭素や老廃物を受け取り，［９］を経て［１］に戻る。

心臓は一定のリズムで拍動を続けており，拍動を制御しているのは<u>ペースメーカー</u>である。

１．文中の［１］～［９］にあてはまる最も適切な語を次の①～⑩からそれぞれ選べ。

①　右心室　　②　右心房　　③　左心室　　④　左心房
⑤　大静脈　　⑥　大動脈　　⑦　肺静脈　　⑧　肺動脈
⑨　毛細血管　　⑩　リンパ管

２．文中の下線部についての以下の問いに答えよ。

⑴　下線部が存在する部位を次の①～⑤から１つ選べ。

①　右心房の上側　　②　左心房の上側
③　右心室と左心室の境界部　　④　右心房と右心室の境界部
⑤　左心房と左心室の境界部

⑵　下線部についての記述として，**誤っているもの**を次の①～④から１つ選べ。

①　自動的に興奮する。
②　洞房結節にある。
③　ここから生じた興奮は心室全体に伝わり，その結果心房の収縮を起こす。
④　興奮の間隔は自律神経系によって調節されている。

３．ヒトの静脈についての記述のうち，適切なものを次の①～⑤から２つ選べ。

①　すべての静脈には静脈血が流れている。
②　逆流を防ぐ弁がある。
③　管壁は動脈より肉厚である。
④　一般的に血圧測定は太い静脈における圧力を測定する。
⑤　心臓の近くの静脈にリンパ管が合流する。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問２　図１はヒトのヘモグロビンの酸素解離曲線(酸素飽和曲線)である。肺胞における血液の O_2 分圧は100mmHg，CO_2 分圧は40mmHg，組織を流れる血液の O_2 分圧は30mmHg，CO_2 分圧は60mmHgであるとして，以下の問いに答えなさい。

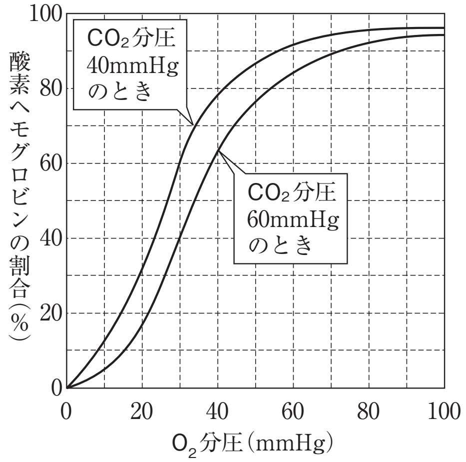


図１

1．以下の文の［10］～［13］にあてはまる最も近い数値を，あとの①～⑦からそれぞれ選べ。

(1)　肺胞における血液の酸素ヘモグロビンの割合は［10］%，組織を流れる血液の酸素ヘモグロビンの割合は［11］%である。この場合，肺胞で酸素を結合した酸素ヘモグロビンのうち［12］%の酸素ヘモグロビンから酸素が組織に渡され，組織での呼吸に用いられる。

①　35　　②　40　　③　55　　④　58
⑤　60　　⑥　93　　⑦　95

(2)　ヘモグロビンは血液100ｍＬ中に15g存在し，１gのヘモグロビンは最大1.4mLの酸素と結合することができるとすると，組織で放出される酸素は血液100mL当たり［13］mLと計算される。

①　0.8　　②　6.3　　③　7.4　　④　11.1
⑤　11.6　　⑥　12.2　　⑦　21.0

2．ヘモグロビンについての記述として適切なものを，次の①～⑤からすべて選べ。

①　赤血球内にある。
②　免疫機能と関係が深い。
③　酸素と結合すると暗赤色になる。
④　特有の立体構造をもつタンパク質である。
⑤　血液が酸性になると酸素との結合力が強くなる。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第31講　演習問題

問１　C

問２　B

問３　B

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第31講　確認テスト

問１　１　[1] ②　[2] ①　[3] ⑧　[4] ⑦　[5] ④
[6] ③　[7] ⑥　[8] ⑨　[9] ⑤

２　⑴　①　⑵　③

３　②，⑤

問２　１　⑴　[10] ⑦　[11] ②　[12] ④　⑵　[13] ⑤

２　①，④

【解説】

問１　１　大静脈を通って体循環から戻ってきた血液は，心臓の右心房に入り，右心室を経由して肺動脈を通って肺へ送られる。その後，肺で酸素を受け取った血液は肺静脈を通って心臓の左心房へ入り，左心室から大動脈を通って全身に運ばれる。血液は全身に分布する毛細血管で組織に酸素と栄養を供給し，その後心臓に戻る。

２　心臓の右心房の上部には洞房結節と呼ばれるペースメーカーの役割を行う部分があり，周期的に興奮することで心臓の周期的な拍動を生み出している。興奮は心房から心室へと伝わり，心房と心室が交互に収縮することで正常な循環が生み出されている。

３　血圧が低くなる静脈には，逆流を防ぐための弁がある。またリンパ管は集合して胸管となり，心臓の近くの鎖骨下静脈に合流している。ゆえに，②，⑤が正しい。肺静脈は静脈ではあるが，流れる血液は酸素量の多い動脈血である。管壁は血圧が高い動脈の方が一般的に肉厚であり，血圧の測定は上腕の動脈のものを測定するので，①，③，④は不適である。

問２　１⑴　肺胞における血液の酸素ヘモグロビンの割合は，図１のCO_2分圧40mmHgのグラフのO_2分圧100mmHgの点を読めば良い。95％と読み取れる。また組織を流れる血液の酸素ヘモグロビンの割合も同様にして，40％と読み取れる。

ゆえに，肺胞で酸素を解離した酸素ヘモグロビンの割合は，$\frac{95-40}{95}\times 100=57.89\cdots\fallingdotseq 58$％となる。

⑵　100mLの血液が最大で結合できるO_2量は，$15\times 1.4=21$mLである。これは酸素ヘモグロビンが100％となった場合に結合しうる最大量であり，実際は肺でもヘモグロビン全体の95％しか酸素と結合せず，40％は組織でも酸素と解離しない。そのため，放出される酸素は全体の55％に過ぎず，その量は，

$21\times\frac{55}{100}=11.55\fallingdotseq 11.6$mL　となる。

２　ヘモグロビンは赤血球に含まれるタンパク質であり，外部条件に応じて酸素との結合と解離を繰り返す。普段は暗赤色であるが，酸素と結合すると鮮紅色を呈し，酸性条件下では酸素を解離しやすくなる。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。